

T S2/5/1

2/5/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI

(c) 2005 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011240673 **Image available**

WPI Acc No: 1997-218576/199720

XRAM Acc No: C97-070199

XRPX Acc No: N97-180553

X-ray projection exposing device for fine patterning - includes optical path varying mechanism, aberration measuring mechanism and aberration corrective mechanism

Patent Assignee: NIKON CORP (NIKR)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 9063923	A	19970307	JP 95213789	A	19950822	199720 B
JP 3541262	B2	20040707	JP 95213789	A	19950822	200444

Priority Applications (No Type Date): JP 95213789 A 19950822

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

JP 9063923 A 8 H01L-021/027

JP 3541262 B2 11 H01L-021/027 Previous Publ. patent JP 9063923

Abstract (Basic): JP 9063923 A

An X-ray projection exposing device comprises: an optical path varying mechanism (4) to vary an X-rays optical path running from a projection optical system (2) to a wafer (3); an aberration measuring mechanism (5) to measure X-rays aberration by receiving them into an optical path varied by the mechanism (4); and aberration correcting mechanisms (6, 7, 8) to correct the measured aberration.

USE - Used for patterning masks or photoresists

ADVANTAGE - A fine resist pattern is continuously produced.

Dwg.1/6

Title Terms: RAY; PROJECT; EXPOSE; DEVICE; FINE; PATTERN; OPTICAL; PATH; VARY; MECHANISM; ABERRATION; MEASURE; MECHANISM; ABERRATION; CORRECT; MECHANISM

Derwent Class: G06; K08; L03; P84; U11; V05

International Patent Class (Main): H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G03F-007/20; G21K-005/02

File Segment: CPI; EPI; EngPI

?

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-63923

(43) 公開日 平成9年(1997)3月7日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 L 21/027
// G 2 1 K 5/02

識別記号 庁内整理番号

F I
H 0 1 L 21/30
G 2 1 K 5/02

技術表示箇所

5 3 1 A
X

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-213789
(22) 出願日 平成7年(1995)8月22日

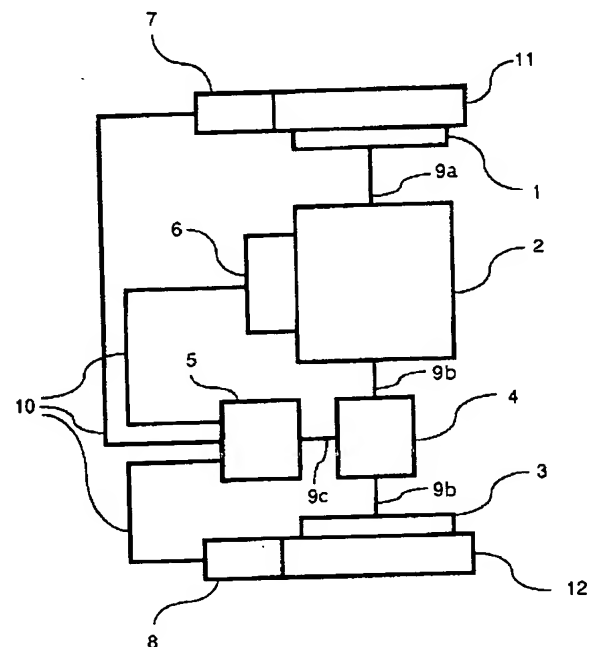
(71) 出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72) 発明者 押野 哲也
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 X線投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 作動中の解像度の低下を防止できるX線投影露光装置を提供すること、好ましくはスループットを低下させないで、作動中の解像度の低下を防止できるX線投影露光装置を提供すること。

【解決手段】 少なくとも、X線源、該X線源から発生するX線をマスク1上に照射する照明光学系、及び該マスク1からのX線9aを受けて該マスク1上に形成されたパターンをウエハ3上に投影結像する投影結像光学系2を備えたX線投影露光装置において、前記投影結像光学系2から前記ウエハ3に向かうX線9bの光路を必要に応じて変更する光路変更機構4、該光路変更機構4により光路が変更されたX線9cを受けて該X線9cの収差を測定する収差測定機構5、及び該収差を補正する収差補正機構6、7、8を設けたことを特徴とするX線投影露光装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも、X線源、該X線源から発生するX線をマスク上に照射する照明光学系、及び該マスクからのX線を受けて該マスク上に形成されたパターンをウエハ上に投影結像する投影結像光学系を備えたX線投影露光装置において、

前記投影結像光学系から前記ウエハに向かうX線の光路を必要に応じて変更する光路変更機構、該光路変更機構により光路が変更されたX線を受けて該X線の収差を測定する収差測定機構、及び該収差を補正する収差補正機構を設けたことを特徴とするX線投影露光装置。

【請求項2】 前記光路変更機構は、前記投影結像光学系から前記ウエハに向かうX線の光路上にX線反射鏡を挿脱する機構であることを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置。

【請求項3】 前記X線反射鏡は、多層膜反射鏡であることを特徴とする請求項2記載のX線投影露光装置。

【請求項4】 前記収差測定機構は、X線干渉計であることを特徴とする請求項1～3記載のX線投影露光装置。

【請求項5】 前記収差測定機構は、X線空間像の測定器であることを特徴とする請求項1～3記載のX線投影露光装置。

【請求項6】 前記収差補正機構は、前記投影結像光学系を構成する光学素子の位置及び形状を調整する光学系調整機構、前記マスクの形状を調整するマスク調整機構、及び前記ウエハの形状を調整するウエハ調整機構のうちの少なくとも一つ以上の機構を有することを特徴とする請求項1～5記載のX線投影露光装置。

【請求項7】 前記ウエハ上に1チップの露光を行った後、次のチップの露光を開始するまでのステージが移動する時間内、前記ウエハを交換する時間内、または装置をメンテナンスする時間内に、前記光路変更機構、収差測定機構及び収差補正機構を動作させる制御機構を設けたことを特徴とする請求項1～6記載のX線投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、フォトマスク（マスクまたはレチクル）上の回路パターンをX線光学系を用いたミラープロジェクション方式により、投影結像光学系を介してウエハ等の基板上に転写する際に好適なX線投影露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体製造用の露光装置は、物体面としてのフォトマスク（以下、マスクと称する）面上に形成された回路パターンを結像装置を介してウエハ等の基板上に投影転写する。基板上にはレジストが塗布されており、露光することによりレジストが感光してレジストパターンが得られる。

【0003】露光装置の解像力 w は、主に露光波長 λ と結像光学系の開口数 NA で決まり、次式で表される。

$$w = k \lambda / NA \quad k: \text{定数}$$

従って、解像力を向上させるためには、波長を短くするか、或いは開口数を大きくすることが必要となる。現在、半導体の製造に用いられている露光装置は、主に波長365nmのi線を使用しており、開口数約0.5の場合で0.5 μ mの解像力が得られている。

【0004】開口数を大きくすることは、光学設計上困難であることから、解像力を向上させるためには、今後は露光光の短波長化が必要となる。i線より短波長の露光光としては、例えばエキシマレーザーが挙げられ、その波長はKrFで248nm、ArFで193nmである。従って、KrFでは0.25 μ m、ArFでは0.18 μ mの解像力が得られる。

【0005】そして、露光光としてさらに波長の短いX線を用いると、例えば波長13nmで0.1 μ m以下の解像力が得られる。従来の露光装置（一例）の構成（一部）を概念的に図6に示す。露光装置は、主に光源及び照明光学系（不図示）とマスク1、結像光学系2、ウエハ3により構成される。

【0006】マスク1には描画するパターンの等倍または拡大パターンが形成されている。結像光学系2は、複数のレンズまたは反射鏡等により構成され、マスク1上のパターンをウエハ3上に結像するようになっている。露光装置が所望の解像力を有するためには、少なくとも結像光学系2が無収差または無収差に近い光学系である必要がある。仮に、結像光学系2に収差があると、レジストパターンの断面形状が劣化して、露光後のプロセスに悪影響を及ぼす他、像が歪んでしまうという問題点が発生する。

【0007】無収差と同等の性能を得るための、収差の値（rms値）としては、波長の14分の1程度の値が必要である。従って、波長が短くなる程、収差の値も小さくしなければならない。露光光がi線の場合に必要な収差は約26nmrmsである。無収差の光学系を作製するためには、まず各光学素子の形状を設計値ど通りに加工しなければならない。必要な形状精度は、必要とされる収差と比較して少なくとも小さく、また、光学素子の数が多くなる程、必要な形状精度の値は小さくなる。

【0008】そして、光学素子が全てレンズの場合は、屈折面の数を N とすると、形状誤差は収差の $1/N^{1/2}$ 程度の値が必要になる。例えば、露光光がi線の場合で、屈折面の数を30とすると、必要な形状誤差は約5nmrmsとなる。次に、この様にして作製した光学素子は、高精度に位置合わせして組立なければならない。組立精度は、光学計算から求めることができるが、露光光がi線の場合には、少なくとも μ mオーダーでの位置合わせが必要になる。

【0009】以上のように、無収差の光学系を作製する

ためには、高い加工精度及び組み立て精度が必要であるが、これまでは高精度な加工及び組立を行うことにより、無収差光学系を作製することができた。また、光学系の収差は、装置の作動中も要求値以下に保持される必要がある。しかし、実際には外部の温度変化による影響で、光学素子等が熱変形を起こしてしまう場合がある。さらに、露光を光学素子が吸収することにより、光学素子の温度は変化してしまう。

【0010】そこで、光学系は高精度に温度コントロールされたチャンパーの中に入れて、熱変形しない程度に温度を一定に保持している。以上のように、従来の露光装置は、作動中も所望の解像度を得ることができた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、露光装置の解像度を向上するために露光の波長を短くすると、それに従って収差の許容値も小さくなる。露光をX線とし、例えば波長を13nmとすると、収差の許容値は約1nmrmsとなる。この値は、i線における収差の値約26nmrmsと比較して非常に小さい。従って、光学素子には更に形状精度の高いものが要求される。

【0012】X線露光装置の場合、光学系は全て反射鏡であることが好ましい。反射面の形状誤差は、屈折の場合の半分の数が必要であるため、反射面の数をNとすると、必要な形状誤差は収差の $1/(2N^{1/2})$ となる。例えば、反射面の数を4とすると、波長13nmにおける形状誤差は0.23nmrmsとなる。このように、X線投影露光装置は、結像光学系の収差として極めて小さな値が要求され、そのため、光学素子の形状精度もnm以下の精度が要求される。このような結像光学系は、作製することはできても、その精度を装置の作動（運転）中も保持することが困難であるという問題点を有している。

【0013】即ち、露光装置の作動中に、光学素子の熱変形を含む様々な原因により収差が変化するが、その変化は、従来の様な温度制御だけでは抑えることができないという問題点を有している。以上のように、X線投影露光装置においては、装置作動中の収差の変化を抑制することが困難であり、これが原因で装置作動中にX線露光装置の解像度が低下するという問題点があった。

【0014】本発明は、かかる問題点を鑑みてなされたものであり、作動中の解像度の低下を防止できるX線投影露光装置を提供すること、好ましくはスループットを低下させないで、作動中の解像度の低下を防止できるX線投影露光装置を提供することを目的としている。

【0015】

【課題を解決するための手段】そのため、本発明は第一に「少なくとも、X線源、該X線源から発生するX線をマスク上に照射する照明光学系、及び該マスクからのX線を受けて該マスク上に形成されたパターンをウエハ上に投影結像する投影結像光学系を備えたX線投影露光装置において、前記投影結像光学系から前記ウエハに向か

うX線の光路を必要に応じて変更する光路変更機構、該光路変更機構により光路が変更されたX線を受けて該X線の収差を測定する収差測定機構、及び該収差を補正する収差補正機構を設けたことを特徴とするX線投影露光装置（請求項1）」を提供する。

【0016】また、本発明は第二に「前記光路変更機構は、前記投影結像光学系から前記ウエハに向かうX線の光路上にX線反射鏡を挿脱する機構であることを特徴とする請求項1記載のX線投影露光装置（請求項2）」を提供する。また、本発明は第三に「前記X線反射鏡は、多層膜反射鏡であることを特徴とする請求項2記載のX線投影露光装置（請求項3）」を提供する。

【0017】また、本発明は第四に「前記収差測定機構は、X線干渉計であることを特徴とする請求項1～3記載のX線投影露光装置（請求項4）」を提供する。また、本発明は第五に「前記収差測定機構は、X線空間像の測定器であることを特徴とする請求項1～3記載のX線投影露光装置（請求項5）」を提供する。また、本発明は第六に「前記収差補正機構は、前記投影結像光学系を構成する光学素子の位置及び形状を調整する光学系調整機構、前記マスクの形状を調整するマスク調整機構、及び前記ウエハの形状を調整するウエハ調整機構のうちの少なくとも1以上の機構を有することを特徴とする請求項1～5記載のX線投影露光装置（請求項6）」を提供する。

【0018】また、本発明は第七に「前記ウエハ上に1チップの露光を行った後、次のチップの露光を開始するまでのステージが移動する時間内、前記ウエハを交換する時間内、または装置をメンテナンスする時間内に、前記光路変更機構、収差測定機構及び収差補正機構を動作させる制御機構を設けたことを特徴とする請求項1～6記載のX線投影露光装置（請求項7）」を提供する。

【0019】

【作用】図1は、本発明にかかる露光装置（一例）の構成（一部）を示すブロック図であり、この図を引用して本発明の説明を行うが、本発明はこの例に限定されるものではない。図1の露光装置は、X線源、該X線源から発生するX線をマスク1上に照射する照明光学系（不図示）、マスク1のステージ11、マスク1からのX線9aを受けてマスク1上に形成されたパターンをウエハ3上に投影結像する投影結像光学系2、ウエハ3のステージ12、投影結像光学系2からステージ12上のウエハ3に向かうX線9bの光路を必要に応じて変更する光路変更機構4、光路変更機構4により光路が変更されたX線9cを受けてX線9cの収差（即ち、投影結像光学系2の収差）を測定する収差測定機構5、該収差を補正する収差補正機構6、7、8を有する。

【0020】光路変更機構4は、投影結像光学系2とウエハ3の間に配置されて、投影結像光学系2からウエハ3に向かうX線9bの光路を必要に応じて変更し、

光路を変更したX線9cを収差測定機構5に導入する。光路変更機構4は、例えば図4に示すように、X線反射鏡13をスライドする機構であり、投影結像光学系2からウエハ3に向かうX線9bの光路上にX線反射鏡13を挿脱する機構である(請求項2)。

【0021】通常、反射鏡13は、X線9bの光路からはずれた位置に置かれる(図4(b))。そして、収差を測定したい場合には、反射鏡13をX線9bの光路に挿入して、X線9bを反射させて光路を変更し、光路を変更したX線9cを収差測定機構5に導入する(図4(a))。反射鏡13としては、X線反射率の高い多層膜X線反射鏡が好ましい(請求項3)。

【0022】収差測定機構5としては、露光光自体の収差を測定するため測定精度が高い、例えばX線干渉計またはX線空間像測定器が好ましい(請求項4、5)。X線干渉計は、X線の波面形状を計測することにより、収差を知ることができる。X線空間像測定器は、マスクパターンのX線像を検出器上に結像させて、その強度分布を測定するものであり、強度分布を計算値と比較することにより、収差を知ることができる。

【0023】かかる光路変更機構4及び収差測定機構5を用いて、収差が要求値よりも大きいことが判明したら、収差を補正する。収差は、主に投影結像光学系2を構成する光学素子の形状変化及び位置変化により生じるので、収差を補正するためには、形状及び位置を元に戻してやるのが好ましい。そこで、収差を補正するためには、例えば、収差補正機構として、投影結像光学系2を構成する光学素子の位置及び形状を調整する光学系調整機構6を設ければよい(請求項6)。

【0024】光学系調整機構6は、例えば図5に示すように、光学素子(例えば、反射鏡14)の周囲にピエゾ素子等のアクチュエータ15を配置したものであり、アクチュエータ15を用いて光学素子に所望の応力を加えることにより、位置及び形状を変えることができる。収差の補正は、このように光学系調整機構6を用いて光学素子の形状及び位置を変える方法により可能であるが、この方法に限らない。

【0025】例えば、収差により像に歪みが生じた場合には、その歪みを補正するようにマスク1及び/またはウエハ3の形状を変形させてもよい。また、像面湾曲のように像面が光軸方向にゆがんだ場合にも、マスク1及び/またはウエハ3を湾曲させることにより、補正することが可能である。このような場合は、収差補正機構として、マスク1の形状を調整するマスク調整機構7、及び/またはウエハ3の形状を調整するウエハ調整機構8を設けてやればよい(請求項6)。かかる調整機構においても、マスク1及び/またはウエハ3の周囲に例えばアクチュエータを配置して、マスク1及び/またはウエハ3に応力を加えて変形させてやればよい。

【0026】図1の装置では、三つの収差補正機構(光

学系調整機構6、マスク調整機構7、ウエハ調整機構8)を配置したが、収差補正機構が必ずしも三つ必要であるとは限らない。例えば、光学系調整機構6による補正だけで収差の補正が可能であるならば、他の収差補正機構7、8は設けなくてもよい。即ち、必要に応じて収差補正機構を設ければよい(請求項6)。

【0027】以上述べたように、本発明のX線露光装置によれば、投影結像光学系2の収差を測定し、さらに該収差を補正することが可能である。光路変更機構4については、その例としてX線反射鏡13をスライドする機構であり、投影結像光学系2からウエハ3に向かうX線9の光路上にX線反射鏡13を挿脱する機構を示した。この場合、X線反射鏡13をX線9bの光路上に挿入している間、X線9bはウエハ3上に入射しないので、露光はできない。

【0028】一方、収差測定は、露光装置のスループットを低下させずに行うことが好ましい。従って、収差測定は、露光を行わない時に行うことが好ましい。露光を行わない時としては例えば、あるチップを露光した後、次のチップの露光を開始するまでのステージが移動する時間(以下、ステップ時間という)とウエハ3を交換する時間がある。

【0029】従来の露光装置では、これらの時間において、光源を停止するか、或いは露光光をシャッターで遮蔽していた。即ち、これらの時間では露光を行わないので、本発明のように、結像光学系2とウエハ3との間にX線反射鏡13等の光路変更機構を挿入しても問題はない。従って、スループットを低下させないために、ステージの移動時間内に、或いはウエハ交換時間内に収差を測定することが好ましい。

【0030】ステップ時間内に測定するか、或いはウエハ交換時間内に測定するかは、収差の変動の程度によって決めればよい。例えば、ウエハ1枚を露光する間は、補正が必要なほど収差が変動しないのであれば、ステップ時間内で測定する必要はなく、ウエハ交換時間内に測定すればよい。

【0031】一般に、ステップ時間よりは、ウエハ交換時間の方が長いので、ウエハ交換時間内の測定の方が測定時間を長くすることができるので、測定機構にさほどの高速性が要求されない、或いは長時間かけて高精度に測定を行うことができるという点でより好ましい。さらに、収差変動が小さくて、例えば1日に1回測定すれば十分である場合には、測定時間がスループットに及ぼす影響が極めて小さいため、メンテナンス時間等に測定しても良い。

【0032】即ち、本発明では、ウエハ上に1チップの露光を行った後、次のチップの露光を開始するまでのステージが移動する時間内、前記ウエハを交換する時間内、または装置をメンテナンスする時間内に、前記光路変更機構、収差測定機構及び収差補正機構を動作させる

制御機構を設けることが好ましい(請求項7)。以下、本発明を実施例により更に詳細に説明するが、本発明はこれらの例に限定されるものではない。

【0033】

【実施例】

<第一実施例>図1は本実施例のX線投影露光装置の構成(一部)を示すブロック図である。図1の露光装置は、X線源、該X線源から発生するX線をマスク1上に照射する照明光学系(不図示)、マスク1のステージ11、マスク1からのX線9aを受けてマスク1上に形成されたパターンをウエハ3上に投影結像する投影結像光学系2、ウエハ3のステージ12、投影結像光学系2からステージ12上のウエハ3に向かうX線9bの光路を必要に応じて変更する光路変更機構4、光路変更機構4により光路が変更されたX線9cを受けてX線9cの収差(即ち、投影結像光学系2の収差)を測定する収差測定機構5、及び該収差を補正する収差補正機構6、7、8を有する。

【0034】本実施例の露光装置は、光源としてX線レーザーを用い、X線を照明光学系によりマスク1に照射する。このときの露光波長を13nmとし、マスク1は反射型のものを用いた。マスク1で反射したX線9aは、結像光学系2を経て、ウエハ3上に到達しマスクパターンがウエハ3上に縮小転写される。結像光学系2は4枚の反射鏡で構成され、それぞれの反射鏡には温度調節機構が設けてあり、露光時でも反射鏡の温度変化が 0.1°C 以下に保たれる。さらに、露光装置は恒温チャンバー内に置かれて、雰囲気温度の変化が 0.1°C 以下に抑えられている。

【0035】結像光学系2とウエハ3との間には光路変更機構4が設けられ、制御機構(不図示)によりチップとチップの露光の間に多層膜反射鏡13がX線9bの光路上に挿入されるように制御され、反射したX線9cが収差測定機構5に導入される。収差測定機構5は、X線干渉計で構成され、結像光学系2の収差が測定できる。露光装置の作動中は収差が変化するので、測定値が 0.9nmrms を超えた場合には制御機構(不図示)を用いて、収差補正機構である光学系調整機構6、マスク調整機構7、ウエハ調整機構8を制御することにより収差の補正を行う。

【0036】本実施例の露光装置を用いて露光すると、最小サイズ $0.1\mu\text{m}$ のレジストパターンが作製でき、さらに、24時間以上の長時間運転においてもレジストパターンの断面形状に劣化は認められないことがわかった。一方、光路変更機構、収差測定機構、収差補正機構を設けていない従来の露光装置による露光の場合は、露光開始後、徐々にレジストパターンの断面形状が劣化し、さらに、 $0.1\mu\text{m}$ サイズのパターンは形成されなくなってしまった。

<第二実施例>図2は、本実施例のX線投影露光装置の

構成を示すブロック図である。

【0037】図2の露光装置は、X線源、該X線源から発生するX線をマスク1上に照射する照明光学系(不図示)、マスク1のステージ11、マスク1からのX線9aを受けてマスク1上に形成されたパターンをウエハ3上に投影結像する投影結像光学系2、ウエハ3のステージ12、投影結像光学系2からステージ12上のウエハ3に向かうX線9bの光路を必要に応じて変更する光路変更機構4、光路変更機構4により光路が変更されたX線9cを受けてX線9cの収差(即ち、投影結像光学系2の収差)を測定する収差測定機構5、及び該収差を補正する収差補正機構6、7を有する。

【0038】本実施例の露光装置は、光源としてX線レーザーを用い、X線を照明光学系によりマスク1に照射する。このときの露光波長を13nmとし、マスク1は反射型のものを用いた。マスク1で反射したX線9aは、結像光学系2を経て、ウエハ3上に到達しマスクパターンがウエハ3上に縮小転写される。結像光学系2は4枚の反射鏡で構成され、それぞれの反射鏡には温度調節機構が設けてあり、露光時でも反射鏡の温度変化が 0.05°C 以下に保たれる。さらに、露光装置は恒温チャンバー内に置かれて、雰囲気温度の変化が 0.1°C 以下に抑えられている。

【0039】結像光学系2とウエハ3との間には光路変更機構4が設けられ、制御機構(不図示)によりウエハ交換の間に多層膜反射鏡13がX線9bの光路上に挿入されるように制御され、反射したX線9cが収差測定機構5に導入される。収差測定機構5は、X線空間像測定器で構成され、結像光学系2の収差が測定できる。露光装置の作動中は収差が変化するので、測定値が 0.9nmrms を超えた場合には制御機構を用いて、収差補正機構である光学系調整機構6及びマスク調整機構7を制御することにより収差の補正を行う。

【0040】本実施例の露光装置を用いて露光すると、最小サイズ $0.1\mu\text{m}$ のレジストパターンが作製でき、さらに、24時間以上の長時間運転においてもレジストパターンの断面形状に劣化は認められないことがわかった。一方、光路変更機構、収差測定機構、収差補正機構を設けていない従来の露光装置による露光の場合は、露光開始後、徐々にレジストパターンの断面形状が劣化し、さらに、 $0.1\mu\text{m}$ サイズのパターンは形成されなくなってしまった。

<第三実施例>図3は、本実施例のX線投影露光装置の構成を示すブロック図である。

【0041】図3の露光装置は、X線源、該X線源から発生するX線をマスク1上に照射する照明光学系(不図示)、マスク1のステージ11、マスク1からのX線9aを受けてマスク1上に形成されたパターンをウエハ3上に投影結像する投影結像光学系2、ウエハ3のステージ12、投影結像光学系2からステージ12上のウエ

ハ3に向かうX線9bの光路を必要に応じて変更する光路変更機構4、光路変更機構4により光路が変更されたX線9cを受けてX線9cの収差(即ち、投影結像光学系2の収差)を測定する収差測定機構5、及び該収差を補正する収差補正機構6を有する。

【0042】本実施例の露光装置は、光源としてX線レーザーを用い、X線を照明光学系によりマスク1に照射する。このときの露光波長を13nmとし、マスク1は反射型のものを用いた。マスク1で反射したX線9は、結像光学系2を経て、ウエハ3上に到達しマスクパターンがウエハ3上に縮小転写される。結像光学系2は4枚の反射鏡で構成され、それぞれの反射鏡には温度調節機構が設けてあり、露光時でも反射鏡の温度変化が 0.05°C 以下に保たれる。さらに、露光装置は恒温チャンバー内に置かれて、雰囲気温度の変化が 0.1°C 以下に抑えられている。

【0043】結像光学系2とウエハ3との間には光路変更機構4が設けられ、制御機構(不図示)により装置のメンテナンス時に多層膜反射鏡13がX線9bの光路上に挿入されるように制御され、反射したX線9cが収差測定機構5に導入される。収差測定機構5はX線空間像測定器で構成され、結像光学系2の収差が測定できる。露光装置の作動中は収差が変化するので、測定値が 0.9nmrms を超えた場合には制御機構を用いて、収差補正機構である光学系調整機構6を制御することにより収差の補正を行う。

【0044】本実施例の露光装置を用いて露光すると、最小サイズ $0.1\mu\text{m}$ のレジストパターンが作製でき、さらに、24時間以上の長時間運転においてもレジストパターンの断面形状に劣化は認められないことがわかった。一方、光路変換機構、収差測定機構、収差補正機構を設けていない従来の露光装置による露光の場合は、露光開始後、徐々にレジストパターンの断面形状が劣化し、さらに、 $0.1\mu\text{m}$ サイズのパターンは形成されなくなってしまった。

【0045】

【発明の効果】以上の様に、本発明(第1～第7発明)によれば、装置作動中の解像度の低下を防止できる。また、本第7発明によれば、スループットを低下させないで、装置作動中の解像度の低下を防止できる。即ち、本発明の露光装置は(特に第7発明の装置では、そのスループットを低下させずに)、X線の収差を測定することができ、さらにその測定結果に基づいて収差を補正することができる。

【0046】そのため、本発明の露光装置は長時間の作動中、高い解像力を維持することができるので、微細なレジストパターンを作製し続けることができる。また、収差の測定は露光自体を測定するので、測定精度が高い。本第7発明の装置では、収差の測定をチップ間をステージが移動する時間、ウエハを交換する時間、メンテナンス時間等の露光しない時に行うので、スループットは従来の露光装置と同じく、高スループットを維持できる。従って、高いスループットで、マスクのパターンを忠実に基板上に転写することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】は、実施例1のX線投影露光装置の構成(一部)を示すブロック図である。

【図2】は、実施例2のX線投影露光装置の構成(一部)を示すブロック図である。

【図3】は、実施例3のX線投影露光装置の構成(一部)を示すブロック図である。

【図4】は、本発明にかかるX線投影露光装置の光路変更機構(一例)の動作説明図である。

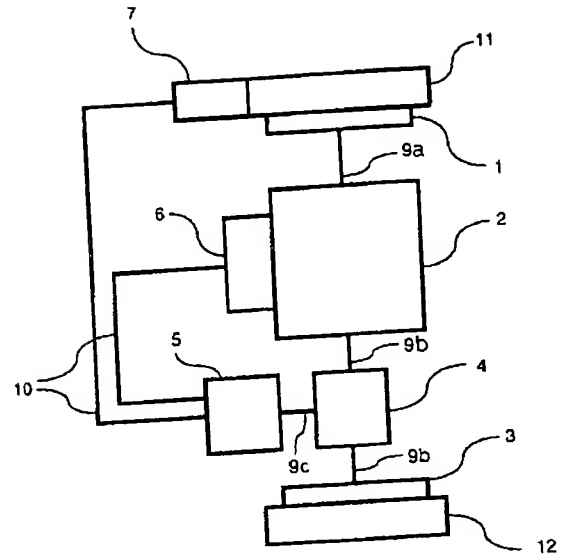
【図5】は、本発明にかかるX線投影露光装置の収差補正機構としての光学系調整機構(一例)の構成図である。

【図6】は、従来のX線投影露光装置の構成(一部)を示すブロック図である。

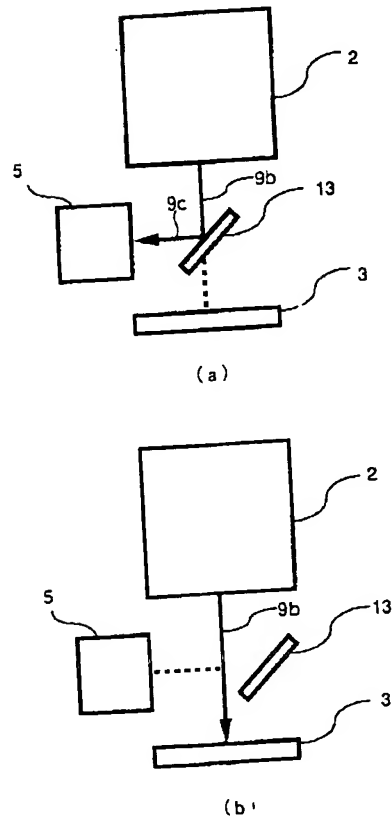
【主要部分の符号の説明】

- 1・・・マスク
- 2・・・投影結像光学系
- 3・・・ウエハ
- 4・・・光路変更機構
- 5・・・収差測定機構
- 6・・・光学系調整機構(収差補正機構の一例)
- 7・・・マスク調整機構(収差補正機構の一例)
- 8・・・ウエハ調整機構(収差補正機構の一例)
- 9a・・・マスク1から投影結像光学系2に向かうX線
- 9b・・・投影結像光学系2からウエハ3に向かうX線
- 9c・・・光路が変更されたX線
- 10・・・配線
- 11・・・マスク1のステージ
- 12・・・ウエハ3のステージ
- 13・・・多層膜反射鏡
- 14・・・反射鏡
- 15・・・アクチュエータ
- 16・・・反射鏡ホルダー

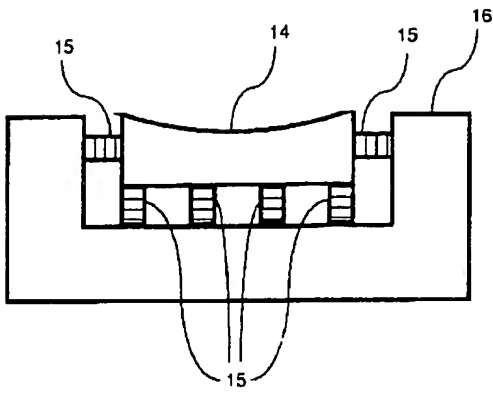
【図2】



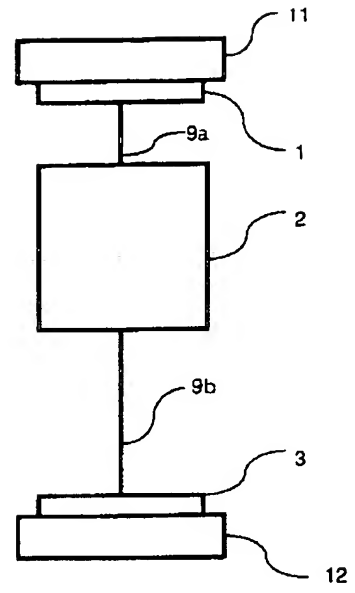
【図3】



【図5】



【図6】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

09-068923

(43)Date of publication of application :

07.03.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

// G21K 5/02

(21)Application number : 07-218789

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing :

22.08.1995

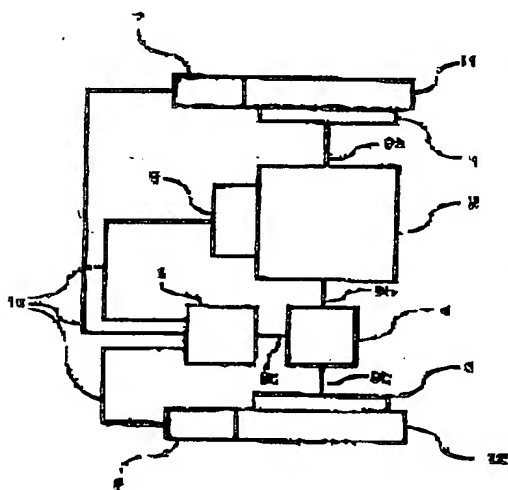
(72)Inventor : OSHINO TETSUYA

(54) X-RAY PROJECTION ALIGNER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide this X-ray projection aligner capable of avoiding the decline in resolving power in operation without declining the throughput at all.

SOLUTION: This X-ray projection aligner is provided with an illumination optical system irradiating X-rays emitted from an X-ray source on a mask 1 as well as a projected image forming optical system 2 image forming the patterns formed on the mask 1 receiving the X-ray from the mask 1. This device is furthermore provided with an optical path changing mechanism 4 changing the optical path of another X-ray 9b to the wafer 3 from the image forming optical system 2 if necessary, an aberration measuring mechanism 5 measuring the aberration of the X-ray 9C by receiving the X-ray changed in the optical



path changing mechanism 4 as well as the aberration correcting mechanisms 6, 7, 8 further correcting the aberration.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.08.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3541262

[Date of registration] 09.04.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The illumination-light study system which irradiates at least the X-ray generated from X line source and this X line source on a mask, And it sets to the X-ray projection aligner equipped with the projection image formation optical system which carries out projection image formation of the pattern formed on this mask in response to the X-ray from this mask on a wafer. The optical-path modification device in which the optical path of the X-ray which faces to said wafer is changed if needed from said projection image formation optical system, The X-ray projection aligner characterized by establishing the aberration measurement device which measures the aberration of this X-ray in response to the X-ray through which the optical path was changed according to this optical-path modification device, and the aberration amendment device which amends this aberration.

[Claim 2] Said optical-path modification device is an X-ray projection aligner according to claim 1 characterized by being the device which inserts [reflecting mirror / X-ray] on the optical path of the X-ray which faces to said wafer from said projection image formation optical system.

[Claim 3] Said X-ray reflecting mirror is an X-ray projection aligner according to claim 2 characterized by being a multilayers reflecting mirror.

[Claim 4] Said aberration measurement device is an X-ray projection aligner according to claim 1 to 3 characterized by being an X-ray interferometer.

[Claim 5] Said aberration measurement device is an X-ray projection aligner according to claim 1 to 3 characterized by being the measuring instrument of an X-ray space image.

[Claim 6] Said aberration amendment device is an X-ray projection aligner according to claim 1 to 5 characterized by having at least one or more devices in the optical-system adjustment device in which the location and configuration of an optical element which

constitute said projection image formation optical system are adjusted, the mask adjustment device in which the configuration of said mask is adjusted, and the wafer adjustment device in which the configuration of said wafer is adjusted.

[Claim 7] The X-ray projection aligner according to claim 1 to 6 characterized by establishing the controlling mechanism which operates said optical-path modification device, an aberration measurement device, and an aberration amendment device in the time amount which exchanges said wafer in the time amount which a stage until it starts exposure of the following chip moves, or the time amount which maintains equipment after exposing one chip on said wafer.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industry-like field of the invention] In case this invention imprints an X-ray optics system on substrates, such as a wafer, through projection image formation optical system with the used mirror projection method, it relates the circuit pattern on a photo mask (a mask or reticle) to a suitable X-ray projection aligner.

[0002]

[Description of the Prior Art] The aligner for semi-conductor manufacture carries out the projection imprint of the circuit pattern formed on the photo-mask (mask is called hereafter) side as a body side on substrates, such as a wafer, through image formation equipment. The resist is applied on the substrate, by exposing, a resist exposes and a resist pattern is obtained.

[0003] The resolution w of an aligner is mainly decided by the exposure wavelength λ and the numerical aperture NA of image formation optical system, and is expressed with a degree type.

$w = k \lambda / NA$ k : In order to raise a constant, therefore resolution, it is necessary to shorten wavelength or to enlarge numerical aperture. Current and the aligner used for manufacture of a semi-conductor are mainly the wavelength of 365nm. i line is used and it is numerical aperture 0.5 [about]. It is 0.5 by the case. The resolution of μm is acquired.

[0004] Since an optical design top is difficult, in order for enlarging numerical aperture to raise resolution, short wavelengthization of exposure light is needed from now on. as an exposure light of short wavelength, an excimer laser mentions from i line, for example -- having -- the wavelength -- KrF 248nm and ArF -- 193nm it is . Therefore, KrF They are 0.25 micrometers and ArF then. 0.18-micrometer resolution is then acquired.

[0005] And when an X-ray with still shorter wavelength is used as an exposure light, it is 0.1. for example at the wavelength of 13nm. The resolution below μm is acquired. The configuration (part) of the conventional aligner (an example) is notionally shown in drawing 6 . An aligner is mainly constituted by the light source and an illumination-light study system (un-illustrating), a mask 1 and the image formation optical system 2, and the wafer 3.

[0006] The actual size or the extended pattern of a pattern which draws is formed in the

mask 1. The image formation optical system 2 is constituted by two or more lenses or reflecting mirrors etc., and carries out image formation of the pattern on a mask 1 on a wafer 3. In order for an aligner to have desired resolution, the image formation optical system 2 needs to be the optical system near non-aberration or non-aberration at least. Temporarily, if aberration is in the image formation optical system 2, the cross-section configuration of a resist pattern will deteriorate and it will have a bad influence on the process after exposure, and also the trouble that an image will be distorted occurs.

[0007] As a value (rms value) of aberration for obtaining the engine performance equivalent to non-aberration, about $1/14$ value of wavelength is required. Therefore, the value of aberration must also be made small, so that wavelength becomes short. Aberration required when exposure light is i line -- about 26 nm rms (es) it is. In order to produce the optical system of non-aberration, the configuration of each optical element must be first processed into design value ~~*****~~. A required configuration precision is small at least as compared with the aberration needed, and the value of a required configuration precision becomes small, so that the number of optical elements increases. [0008] And when all optical elements are lenses and the number of refracting interfaces is set to N , a configuration error is $1/N$ $1/2$ of aberration. The value of extent is needed. For example, if the number of refracting interfaces is set to 30 by the case where exposure light is i line, a required configuration error will serve as about 5 nm rms (es) . next -- thus, alignment of the optical element which produced by carrying out is carried out with high precision, and if there is no assembly, it will not become. Although assembly precision can be searched for from optical count, when exposure light is i line, the alignment in μm order is needed at least.

[0009] As mentioned above, although high process tolerance and assembly precision were required in order to produce the optical system of non-aberration, non-aberration optical system was producible by performing processing and assembly highly precise until now. Moreover, the aberration of optical system needs to be held also during actuation of equipment below at desired value. However, it is the effect by the external temperature change in fact, and an optical element etc. may cause heat deformation. Furthermore, when an optical element absorbs exposure light, the temperature of an optical element will change.

[0010] Then, optical system is put in into the chamber by which the temperature control was carried out with high precision, and temperature is uniformly held to extent which does not carry out heat deformation. The conventional aligner was able to obtain desired resolution also during actuation as mentioned above.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, if wavelength of exposure light is shortened in order to improve the resolution of an aligner, according to it, the allowed value of aberration will also become small. If exposure light is made into an X-ray, for example, wavelength is set to 13nm, the allowed value of aberration will serve as about 1 nmrms. This value is **** 28nmrms of the aberration in i line. It compares and is very small. Therefore, what has a still higher configuration precision is required of an optical element.

[0012] As for all optical system, in the case of an X-ray aligner, it is desirable that it is a reflecting mirror. Since the value of the one half in refraction is required for the configuration error of a reflector, if the number of reflectors is set to N, a required configuration error will become $1/(2N^{1/2})$ of aberration. For example, if the number of reflectors is set to 4, the configuration errors in the wavelength of 13nm are 0.23nmrms(es). It becomes. Thus, a value with an X-ray projection aligner very small as aberration of image formation optical system is required, therefore the precision below nm is required also for the configuration precision of an optical element. Even if such image formation optical system is producible, it has the trouble that it is difficult to hold the precision also during actuation (operation) of equipment.

[0013] That is, although aberration changes with the various causes which include heat deformation of an optical element during actuation of an aligner, the change has the trouble that it cannot stop only by temperature control like the former. As mentioned above, in an X-ray projection aligner, there was a trouble that it was difficult to control change of the aberration under equipment actuation, and the resolution of an X-ray aligner fall during equipment actuation owing to this.

[0014] This invention is made in view of this trouble, and aims at offering the X-ray projection aligner which can prevent the fall of the resolution under actuation, and offering the X-ray projection aligner which can prevent the fall of the resolution under actuation without reducing a throughput preferably.

[0015]

[Means for Solving the Problem] therefore, this invention -- the first -- -- the illumination-light study system which irradiates at least the X-ray generated from X line source and this X line source on a mask -- And it sets to the X-ray projection aligner equipped with the projection image formation optical system which carries out projection image formation of the pattern formed on this mask in response to the X-ray from this mask on a wafer. The optical-path modification device in which the optical path of the X-ray which faces to said wafer is changed if needed from said projection image formation optical system, The X-ray projection aligner (claim 1) characterized by

establishing the aberration measurement device which measures the aberration of this X-ray in response to the X-ray through which the optical path was changed according to this optical-path modification device, and the aberration amendment device which amends this aberration" is offered.

[0016] Moreover, this invention provides the second with "the X-ray projection aligner (claim 2) according to claim 1 characterized by said optical-path modification device being a device which inserts [reflecting mirror / X-ray] on the optical path of the X-ray which faces to said wafer from said projection image formation optical system." Moreover, this invention provides the third with "the X-ray projection aligner (claim 3) according to claim 2 characterized by said X-ray reflecting mirror being a multilayers reflecting mirror."

[0017] Moreover, this invention provides the fourth with "the X-ray projection aligner (claim 4) according to claim 1 to 3 characterized by said aberration measurement device being an X-ray interferometer." Moreover, this invention provides the fifth with "the X-ray projection aligner (claim 5) according to claim 1 to 3 characterized by said aberration measurement device being the measuring instrument of an X-ray space image." Moreover, this invention provides the sixth with "the X-ray projection aligner (claim 6) according to claim 1 to 5 characterized by said aberration amendment device having at least one or more devices in the optical-system adjustment device in which the location and configuration of an optical element which constitute said projection image formation optical system are adjusted, the mask adjustment device in which the configuration of said mask is adjusted, and the wafer adjustment device in which the configuration of said wafer is adjusted."

[0018] Moreover, this invention provides the seventh with "the X-ray projection aligner (claim 7) according to claim 1 to 6 characterized by to establish the controlling mechanism which operates said optical-path modification device, an aberration measurement device, and an aberration amendment device in the time amount which exchanges said wafer in the time amount which a stage until it starts exposure of the following chip moves, or the time amount which maintains equipment after exposing one chip on said wafer."

[0019]

[Function] Although drawing 1 is the block diagram showing the configuration (part) of the aligner (an example) concerning this invention, this drawing is quoted and this invention is explained, this invention is not limited to this example. The illumination-light study system which irradiates the X-ray which the aligner of drawing 1 generates from X line source and this X line source on a mask 1 (un-illustrating),

X-ray 9a from the stage 11 of a mask 1, and a mask 1 According to the optical-path modification device 4 and the optical-path modification device 4 which the optical path of X-ray 9b which faces to the wafer 3 on a stage 12 is changed if needed, from the projection image formation optical system 2 which carries out projection image formation of the pattern which won popularity and was formed on the mask 1 on a wafer 3, the stage 12 of a wafer 3, and the projection image formation optical system 2 It has the aberration measurement device 5 which measures the aberration (namely, aberration of the projection image formation optical system 2) of X-ray 9c in response to X-ray 9c by which the optical path was changed, and the aberration amendment devices 6, 7, and 8 which amend this aberration.

[0020] The optical-path modification device 4 introduces into the aberration measurement device 5 X-ray 9c which has been arranged between the projection image formation optical system 2 and a wafer 3, changed the optical path of X-ray 9b which faces to a wafer 3 from the projection image formation optical system 2 if needed, and changed the optical path. As shown in drawing 4, the optical-path modification device 4 is a device which slides the X-ray reflecting mirror 13, and is a device which inserts [reflecting mirror / 13 / X-ray] on the optical path of X-ray 9b which faces to a wafer 3 from the projection image formation optical system 2 (claim 2).

[0021] Usually, a reflecting mirror 13 is put on the location shifted from the optical path of X-ray 9b (drawing 4 (b)). And X-ray 9c which inserted the reflecting mirror 13 in the optical path of X-ray 9b, was made to reflect X-ray 9b, changed the optical path, and changed the optical path is introduced into the aberration measurement device 5 to measure aberration (drawing 4 (a)). As a reflecting mirror 13, a multilayers X-ray reflecting mirror with a high X-ray reflection factor is desirable (claim 3).

[0022] An X-ray interferometer or an X-ray space image measuring instrument is high as an aberration measurement device 5, in order to measure the aberration of the exposure light itself, for example, desirable (claims 4 and 5). An X-ray interferometer can know aberration by measuring the wave-front configuration of an X-ray. An X-ray space image measuring instrument can know aberration by carrying out image formation of the X-ray image of a mask pattern on a detector, measuring the intensity distribution, and comparing intensity distribution with calculated value.

[0023] Aberration will be amended if it becomes clear using this optical-path modification device 4 and the aberration measurement device 5 that aberration is larger than desired value. Since it is generated by the formation of a form status change and location change of an optical element which mainly constitute the projection image formation optical system 2, in order to amend aberration, as for aberration, it is

desirable to return a configuration and a location. Then, what is necessary is just to establish the optical-system adjustment device 6 in which the location and configuration of an optical element which constitute the projection image formation optical system 2 are adjusted as an aberration amendment device, in order to amend aberration (claim 6).

[0024] The optical-system adjustment device 6 can change a location and a configuration by arranging the actuators 15, such as a piezo-electric element, around an optical element (for example, reflecting mirror 14), and applying desired stress to an optical element using an actuator 15, as shown in drawing_5. By the approach of changing the configuration and location of an optical element using the optical-system adjustment device 6 in this way, although amendment of aberration is possible, it is not restricted to this approach.

[0025] For example, when distortion arises in an image according to aberration, the configuration of a mask 1 and/or a wafer 3 may be made to deform so that the distortion may be amended. Moreover, also when the image surface is distorted in the direction of an optical axis like a curvature of field, amending is possible by incurvating a mask 1 and/or a wafer 3. In such a case, what is necessary is just to establish the mask adjustment device 7 in which the configuration of a mask 1 is adjusted, and/or the wafer adjustment device 8 in which the configuration of a wafer 3 is adjusted, as an aberration amendment device (claim 6). What is necessary is to arrange an actuator around a mask 1 and/or a wafer 3, to apply stress to a mask 1 and/or a wafer 3, and just to make it deform into them also in this adjustment device.

[0026] Although three aberration amendment devices (the optical-system adjustment device 6, the mask adjustment device 7, wafer adjustment device 8) have been arranged, three aberration amendment devices are not necessarily required of the equipment of drawing 1. For example, only by amendment by the optical-system adjustment device 6, if amendment of aberration is possible, it is not necessary to establish other aberration amendment devices 7 and 8. Namely, what is necessary is just to establish an aberration amendment device if needed (claim 6).

[0027] As stated above, according to the X-ray aligner of this invention, it is possible to measure the aberration of the projection image formation optical system 2, and to amend this aberration further. About the optical-path modification device 4, it is the device which slides the X-ray reflecting mirror 13 as the example, and the device which inserts [reflecting mirror / 13 / X-ray] on the optical path of X-ray 9 which faces to a wafer 3 from the projection image formation optical system 2 was shown. In this case, since incidence of the X-ray 9b is not carried out on a wafer 3 while inserting the X-ray

reflecting mirror 13 on the optical path of X-ray 9b, exposure is impossible.

[0028] On the other hand, as for aberration measurement, it is desirable to carry out without reducing the throughput of an aligner. Therefore, as for aberration measurement, it is desirable to carry out, when not exposing. When not exposing, after exposing a certain chip, there are [*****] time amount (henceforth step time) which a stage until it starts exposure of the following chip moves, and time amount which exchanges a wafer 3.

[0029] With the conventional aligner, in such time amount, the light source was stopped or exposure light was covered by the shutter. That is, like this invention, since it does not expose in such time amount, even if it inserts the optical-path modification device of X-ray reflecting mirror 13 grade between the image formation optical system 2 and a wafer 3, it is satisfactory. in order [therefore,] not to reduce a throughput -- the migration within a time of a stage -- or it is desirable to measure aberration within wafer swap time.

[0030] Whether it measures in step time or it measures within wafer swap time should just determine with extent of fluctuation of aberration. for example, what is necessary is not to measure by the step within a time and just to measure within wafer swap time, if aberration is not changed so that amendment is required while exposing one wafer

[0031] Generally, since the wafer swap time is longer and the direction of the measurement within wafer swap time can lengthen the measuring time, or the rapidity like ** is not required of a measurement device, it is more more desirable than step time at the point that it can apply for a long time and can measure with high precision. Furthermore, since aberration fluctuation is small, for example, the effect which comes out of enough and which the measuring time does at a throughput in a certain case is very small if it will measure once on the 1st, you may measure to maintenance time amount etc.

[0032] That is, after exposing one chip on a wafer in this invention, it is desirable to establish the controlling mechanism which operates said optical-path modification device, an aberration measurement device, and an aberration amendment device in the time amount which exchanges said wafer, or the time amount which maintains equipment in the time amount which a stage until it starts exposure of the following chip moves (claim 7). Hereafter, although an example explains this invention to a detail further, this invention is not limited to these examples.

[0033]

[Example]

<First example> drawing 1 is the block diagram showing the configuration (part) of the

X-ray projection aligner of this example. The illumination-light study system which irradiates the X-ray which the aligner of drawing 1 generates from X line source and this X line source on a mask 1 (un-illustrating), X-ray 9a from the stage 11 of a mask 1, and a mask 1 According to the optical-path modification device 4 and the optical-path modification device 4 which the optical path of X-ray 9b which faces to the wafer 3 on a stage 12 is changed if needed, from the projection image formation optical system 2 which carries out projection image formation of the pattern which won popularity and was formed on the mask 1 on a wafer 3, the stage 12 of a wafer 3, and the projection image formation optical system 2 It has the aberration measurement device 5 which measures the aberration (namely, aberration of the projection image formation optical system 2) of X-ray 9c in response to X-ray 9c by which the optical path was changed, and the aberration amendment devices 6, 7, and 8 which amend this aberration.

[0034] The aligner of this example irradiates an X-ray by the illumination-light study system at a mask 1, using an X-ray laser as the light source. Setting exposure wavelength at this time to 13nm, the mask 1 used the thing of a reflective mold. X-ray 9a reflected with the mask 1 reaches on a wafer 3 through the image formation optical system 2, and the contraction imprint of the mask pattern is carried out on a wafer 3. For the image formation optical system 2, it consists of reflecting mirrors of four sheets, the temperature regulatory mechanism is prepared in each reflecting mirror, and the temperature change of a reflecting mirror is 0.1 °C also by the time of exposure. It is maintained at below. furthermore, an aligner -- constant temperature -- it places into a chamber -- having -- change of ambient temperature -- 0.1 °C It is stopped below.

[0035] The optical-path modification device 4 is established between the image formation optical system 2 and a wafer 3, it is controlled and reflected X-ray 9c is introduced into the aberration measurement device 5 so that the multilayers reflecting mirror 13 may be inserted by the controlling mechanism (un-illustrating) on the optical path of X-ray 9b between exposure of a chip and a chip. The aberration measurement device 5 consists of X-ray interferometers, and can measure the aberration of the image formation optical system 2. Since aberration changes during actuation of an aligner, when measured value exceeds 0.9nmrms(es), aberration is amended using a controlling mechanism (un-illustrating) by controlling the optical-system adjustment device 6 which is an aberration amendment device, the mask adjustment device 7, and the wafer adjustment device 8.

[0036] When it exposes using the aligner of this example, it is the minimum size 0.1. The resist pattern of mum could be produced and it turned out further also in long duration operation of 24 hours or more that degradation is not accepted at the

cross-section configuration of a resist pattern. On the other hand, in exposure by the conventional aligner which has not established the optical-path modification device, the aberration measurement device, and the aberration amendment device, after exposure initiation, the cross-section configuration of a resist pattern deteriorates gradually, and it is 0.1 further. The pattern of mum size is no longer formed.

<Second example> drawing 2 is the block diagram showing the configuration of the X-ray projection aligner of this example.

[0037] The illumination-light study system which irradiates the X-ray which the aligner of drawing 2 generates from X line source and this X line source on a mask 1 (un-illustrating), X-ray 9a from the stage 11 of a mask 1, and a mask 1 According to the optical-path modification device 4 and the optical-path modification device 4 which the optical path of X-ray 9b which faces to the wafer 3 on a stage 12 is changed if needed, from the projection image formation optical system 2 which carries out projection image formation of the pattern which won popularity and was formed on the mask 1 on a wafer 3, the stage 12 of a wafer 3, and the projection image formation optical system 2 It has the aberration measurement device 5 which measures the aberration (namely, aberration of the projection image formation optical system 2) of X-ray 9c in response to X-ray 9c by which the optical path was changed, and the aberration amendment devices 6 and 7 which amend this aberration.

[0038] The aligner of this example irradiates an X-ray by the illumination-light study system at a mask 1, using an X-ray laser as the light source. Setting exposure wavelength at this time to 13nm, the mask 1 used the thing of a reflective mold. X-ray 9a reflected with the mask 1 reaches on a wafer 3 through the image formation optical system 2, and the contraction imprint of the mask pattern is carried out on a wafer 3. For the image formation optical system 2, it consists of reflecting mirrors of four sheets, the temperature regulatory mechanism is prepared in each reflecting mirror, and the temperature change of a reflecting mirror is 0.05-degreeC also by the time of exposure. It is maintained at below. furthermore, an aligner -- constant temperature -- it places into a chamber -- having -- change of ambient temperature -- 0.1 °C It is stopped below.

[0039] The optical-path modification device 4 is established between the image formation optical system 2 and a wafer 3, it is controlled and reflected X-ray 9c is introduced into the aberration measurement device 5 so that the multilayers reflecting mirror 13 may be inserted by the controlling mechanism (un-illustrating) on the optical path of X-ray 9b between wafer exchange. The aberration measurement device 5 consists of X-ray space image measuring instruments, and can measure the aberration of the image formation optical system 2. Since aberration changes during actuation of

an aligner, when measured value exceeds 0.9nmrms(cs) , aberration is amended using a controlling mechanism by controlling the optical-system adjustment device 6 and the mask adjustment device 7 which are an aberration amendment device.

[0040] When it exposes using the aligner of this example, it is the minimum size $0.1\mu\text{m}$. The resist pattern of $0.1\mu\text{m}$ could be produced and it turned out further also in long duration operation of 24 hours or more that degradation is not accepted at the cross-section configuration of a resist pattern. On the other hand, in exposure by the conventional aligner which has not established the optical-path translator, the aberration measurement device, and the aberration amendment device, after exposure initiation, the cross-section configuration of a resist pattern deteriorates gradually, and it is $0.1\mu\text{m}$ further. The pattern of $0.1\mu\text{m}$ size is no longer formed.

<Third example> drawing 3 is the block diagram showing the configuration of the X-ray projection aligner of this example.

[0041] The illumination-light study system which irradiates the X-ray which the aligner of drawing 3 generates from X line source and this X line source on a mask 1 (un-illustrating), X-ray 9a from the stage 11 of a mask 1, and a mask 1 According to the optical-path modification device 4 and the optical-path modification device 4 which the optical path of X-ray 9b which faces to the wafer 3 on a stage 12 is changed if needed, from the projection image formation optical system 2 which carries out projection image formation of the pattern which won popularity and was formed on the mask 1 on a wafer 3, the stage 12 of a wafer 3, and the projection image formation optical system 2 It has the aberration measurement device 5 which measures the aberration (namely, aberration of the projection image formation optical system 2) of X-ray 9c in response to X-ray 9c by which the optical path was changed, and the aberration amendment device 6 which amends this aberration.

[0042] The aligner of this example irradiates an X-ray by the illumination-light study system at a mask 1, using an X-ray laser as the light source. Setting exposure wavelength at this time to 15nm , the mask 1 used the thing of a reflective mold. X-ray 9 reflected with the mask 1 reaches on a wafer 3 through the image formation optical system 2, and the contraction imprint of the mask pattern is carried out on a wafer 3. For the image formation optical system 2, it consists of reflecting mirrors of four sheets, the temperature regulatory mechanism is prepared in each reflecting mirror, and the temperature change of a reflecting mirror is 0.05-degreeC also by the time of exposure. It is maintained at below. furthermore, an aligner -- constant temperature -- it places into a chamber -- having -- change of ambient temperature -- $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ It is stopped below.

[0043] The optical-path modification device 4 is established between the image

formation optical system 2 and a wafer 3, it is controlled and reflected X-ray 9c is introduced into the aberration measurement device 5 so that the multilayers reflecting mirror 13 may be inserted by the controlling mechanism (un-illustrating) on the optical path of X-ray 9b at the time of the maintenance of equipment. The aberration measurement device 5 consists of X-ray space image measuring instruments, and can measure the aberration of the image formation optical system 2. Since aberration changes during actuation of an aligner, when measured value exceeds 0.9nmrms(es), aberration is amended using a controlling mechanism by controlling the optical-system adjustment device 6 which is an aberration amendment device.

[0044] When it exposes using the aligner of this example, it is the minimum size 0.1. The resist pattern of mum could be produced and it turned out further also in long duration operation of 24 hours or more that degradation is not accepted at the cross-section configuration of a resist pattern. On the other hand, in exposure by the conventional aligner which has not established the optical-path translator, the aberration measurement device, and the aberration amendment device, after exposure initiation, the cross-section configuration of a resist pattern deteriorates gradually, and it is 0.1 further. The pattern of mum size is no longer formed.

[0045]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention (the 1st - the 7th invention), the fall of the resolution under equipment actuation can be prevented. Moreover, according to **** 7 invention, the fall of the resolution under equipment actuation can be prevented without reducing a throughput. That is, the aligner of this invention can measure the aberration of an X-ray, and can amend aberration based on the measurement result further (** to which the throughput is not especially reduced with the equipment of the 7th invention).

[0046] Therefore, during prolonged actuation, since the aligner of this invention can maintain high resolving power, it can continue producing a detailed resist pattern. Moreover, since measurement of aberration measures the exposure light itself, its accuracy of measurement is high. With the equipment of **** 7 invention, since it carries out when not exposing [time amount / the time amount to which a stage moves between the chips by measurement of aberration, the time amount which exchanges wafers, / maintenance], a throughput can maintain a high throughput as well as the conventional aligner. Therefore, the pattern of a mask can be faithfully imprinted on a substrate by the high throughput.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the configuration (part) of ** and the X-ray projection aligner of an example 1.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the configuration (part) of ** and the X-ray projection aligner of an example 2.

[Drawing 3] It is the block diagram showing the configuration (part) of ** and the X-ray projection aligner of an example 3.

[Drawing 4] It is the explanatory view of the optical-path modification device (an example) of the X-ray projection aligner concerning ** and this invention of operation.

[Drawing 5] It is the block diagram of the optical-system adjustment device (an example) as an aberration amendment device of the X-ray projection aligner concerning ** and this invention.

[Drawing 6] It is the block diagram showing the configuration (part) of ** and the conventional X-ray projection aligner.

[Description of Notations in the Main Part]

1 ... Mask

2 ... Projection image formation optical system

3 ... Wafer

4 ... Optical-path modification device

5 ... Aberration measurement device

6 ... Optical-system adjustment device (an example of an aberration amendment device)

7 ... Mask adjustment device (an example of an aberration amendment device)

8 ... Wafer adjustment device (an example of an aberration amendment device)

9a .. X-ray which tends toward the projection image formation optical system 2 from a mask 1

9b .. X-ray which faces to a wafer 3 from the projection image formation optical system 2

9c ... X-ray with which the optical path was changed

10 ... Wiring

11 ... Stage of a mask 1

12 ... Stage of a wafer 3

13 ... Multilayers reflecting mirror

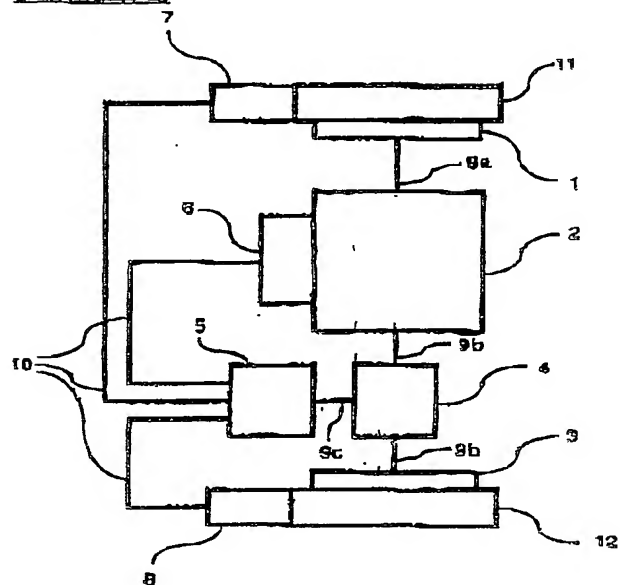
14 ... Reflecting mirror

15 ... Actuator

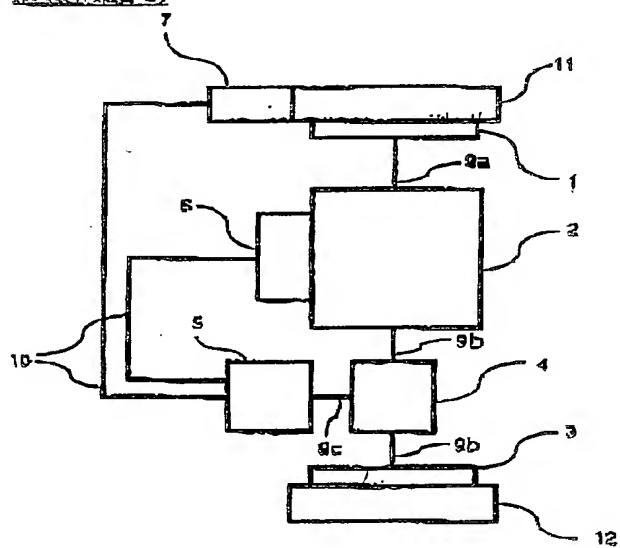
16 ... Reflecting mirror electrode holder

DRAWINGS

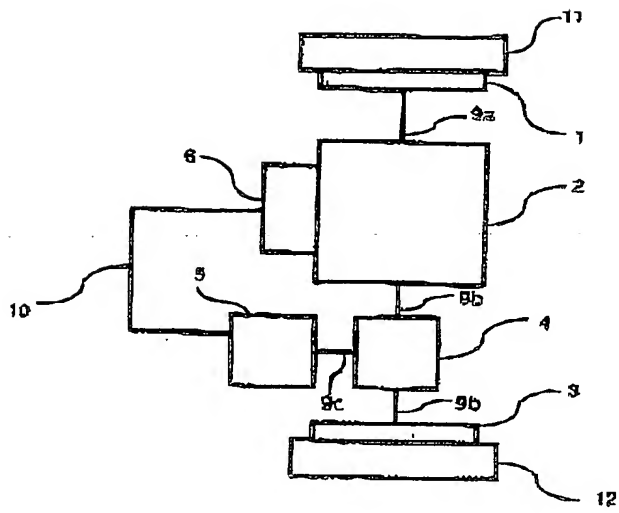
[Drawing 1]



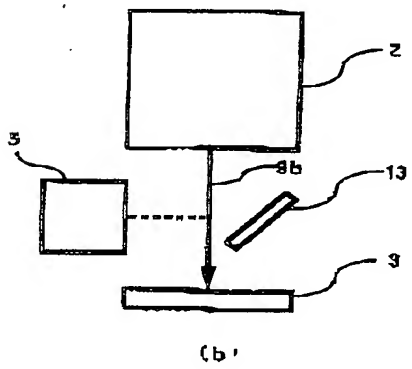
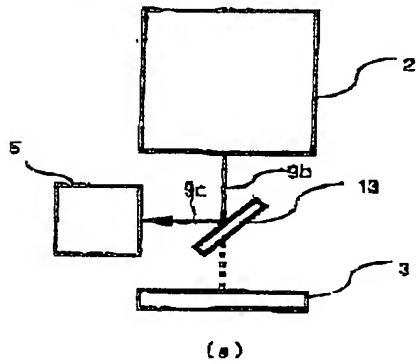
[Drawing 2]



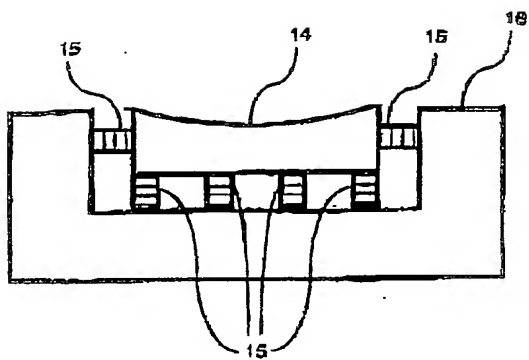
[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]

